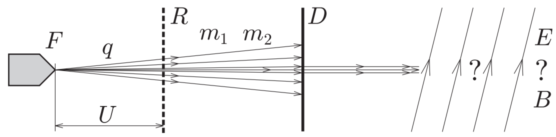
1. feladat. Izotóp ionok szétválasztása

Az F forrásból elhanyagolható kezdősebességgel kilépő q töltésű ionokat az R rács segítségével U feszültséggel gyorsítjuk, majd az így kapott nyalábot a D diafragmával párhuzamosítjuk. Az ionnyalábot két különböző, m_1 és m_2 tömegű izotóp alkotja, melyeket szeretnénk térben elválasztani egymástól, hogy részarányukat megtudjuk.



A szeparációra két megoldás is kínálkozik: az ionokat homogén mágneses térbe vagy homogén elektromos térbe vezetjük. Melyik megoldás célravezető? Miért? Milyen irányú teret alkalmazzunk? (Mindkét lehetőséget tanulmányozzuk!) *(4 pont)*

Adjuk meg egy konkrét „szeparátor" vázlatos tervrajzát, és számítsuk ki a különböző tömegű izotópok szétválását! *(3 pont)*

Ha homogén tér alkalmazása nem bizonyulna célravezetőnek, nyerhetünk-e valamit inhomogén tér használatával? (Kevert teret, azaz elektromos és mágneses tér együttes jelenlétét ne vizsgáljuk!) *(3 pont)*

2. feladat. „Hőerőgép"

Vulkánia ország geofizikusai kutatásaik során a meglehetősen kemény, tömör kőzetbe hengeres alakú, jó mély lyukat fúrnak. A kőzet nem teljesen vízzáró, ezért tudják, hogy a lyuk lassan, egészen a felszínig meg fog telni vízzel. A vizet rendszeresen el kell távolítani, de sajnos se szivattyú, se elektromos áram nem áll rendelkezésre.

Egy hóbortos vulkániai fizikus-feltaláló, *Kétely György* a következő tervvel áll elő:

(i) *A lyukba (amelynek fala csak lassan engedi át a vizet, rövid ideig víz- és légzáró) dugattyút helyezünk el, ennek segítségével nyomjuk ki a vizet. Az üreg legalsó méteres szakaszát teljesen víz- és légzáróvá tesszük, majd egy könnyű dugattyúval lezárjuk, és a dugattyút ideiglenesen rögzítjük. Ezután a lezárt térrészt (a nemes cél érdekében) nemesgázzal, légköri nyomású héliummal töltjük meg. (A légköri nyomás* 10 *vízméternek felel meg.)*

(ii) *Az üreg lassan megtelik vízzel, egészen az üreg legaljától számított H magasan levő felszínig. Ekkor a dugattyú alatti nemesgázt melegíteni kezdjük. (A feltaláló egy korábbi, szabadalmaztatott eljárása segítségével Vulkánia geotermikus energiáját hasznosítva, a II. főtételt csak látszólag megsértve, tetszőlegesen magas hőmérsékletű anyaggal tudunk hőt közölni.) A melegítést egészen addig folytatjuk, amíg a gáz nyomása annyira megnő, hogy a dugattyú rögzítésére már nem hat erő.*

(iii) *A dugattyú rögzítését feloldjuk, s a gázt tovább melegítjük, úgy, hogy az tágulása során lassan kinyomja a vizet az üregből. (Ha szükséges, gyorsan hűteni is tudjuk a gázt, megakadályozva a környezetvédelmi okokból elkerülendő hirtelen vízkitörést.)*

(iv) *Végül a forró gázt lehűtjük, annyira, hogy a dugattyú az eredeti (az m-es gázoszlopnak megfelelő) helyzetébe jusson vissza. Ezután a víz ismét lassan beszivárog az üregbe, és a folyamat újra kezdődik...*

Megoldandó részfeladatok:

a) Ábrázoljuk p–V diagramon a hélium állapotváltozását egy ciklus során! A tengelyekre jelöljük be az egységeket is a megadott és esetleg még szükséges paraméterekkel kifejezve! *(1 pont)*

b) Mennyi „hasznos" munkát végez a gáz egy ciklus során? *(1 pont)*

c) Határozzuk meg, hogy a folyamat melyik részén történik hőfelvétel, és ezt – megfelelő jelölésekkel – tüntessük fel a p–V diagramon is! *(3 pont)*

d) Számítsuk ki a hőerőgép termikus hatásfokát (a felvett és a leadott hő különbségének és a felvett hőnek az arányát), és adjuk meg numerikusan (a nem túl mély) $H = 20$ m esetén! *(3 pont)*

e) Legfeljebb mekkora lehet a termikus hatásfok, és milyen H esetén érnénk el (vagy közelítenénk meg) ezt az elvi felső határt? *(2 pont)*

3. feladat. „Pattogó labdák"

Először két, majd egy későbbi kísérletben három kisméretű labdát teszünk egymás fölé, melyeket $h = 1$ m magasból leejtünk. A labdák rugalmasak, de nem tökéletesen rugalmasak. Bármely két ütköző labda között, illetve a talaj és a legalsó labda között az ütközésre jellemző ütközési szám ugyanakkora: $k = 0{,}9$.

A labdák között az elengedés pillanatában kicsiny rés van. A labdák egymással is és a talajjal is lényegében pillanatszerűen ütköznek. Feltételezhetjük, hogy a labdák mindvégig függőlegesen mozognak.

a) Ha csak két labdát ejtünk le, mekkora legyen a labdák tömegaránya, hogy az alsó labda pontosan megálljon, miután a felsővel ütközött? (*4 pont*)

b) Három labda ejtésekor mekkora legyen a labdák tömegaránya, hogy a legalsó labda éppen megálljon a középsővel történő ütközést követően, majd a középső is megálljon, miután a legfelsővel ütközött? (*4 pont*)

c) Milyen magasra pattan fel a legfelső labda az első és a második kísérletben? (*2 pont*)

Segítség: A k ütközési számra több (egyenértékű) meghatározást adhatunk. Ha például egy egyenes mentén mozog két test, akkor az ütközésüket két részre, egy összenyomódó és egy szétlökődő szakaszra bonthatjuk. A testek szétlökődésekor fellépő erőlökés (illetve ellenerő-lökés) éppen k-szorosa az összenyomódáskor fellépő erőlökésnek (illetve ellenerő-lökésnek). (Az ütközési szám tökéletesen rugalmas ütközés esetén 1, tökéletesen rugalmatlan ütközéskor pedig 0.)

4. feladat. „Tökéletes" képalkotás

Egy gömb alakú, R sugarú üveggolyó belsejében, a középponttól vízszintesen balra t távolságban parányi zárvány található, amely – ha lézerrel megvilágítjuk, – irányfüggetlen (izotróp) módon szórja a fényt, így pontszerű fényforrásnak tekinthető. Az üveg törésmutatója n. Nevezzük optikai tengelynek a zárvány és a gömb középpontját összekötő vízszintes egyenest!

a) Készítsünk vázlatos *ábrát* a különböző szóródó fénysugarakról! (*1 pont*)

b) A szórt fény bizonyos része nem tud kilépni az üveggolyóból. Jelöljük az ábrán a gömbfelület azon részét, amelyen keresztül a fény elhagyhatja az üveggolyót, és adjuk meg t, R és n függvényében, hogy a szórt fény energiájának hányad része marad benn az üvegben! (Az egyszerűség kedvéért tekintsük úgy, hogy ahol a fény ki tud lépni az üvegből, ott teljes egészében kilép onnan. Ténylegesen nem ez a helyzet, a fény bizonyos hányada visszaverődik, ennek pontos leírása azonban meghaladja a középiskolás ismereteket.) (*2 pont*)

Útmutatás: Adott sugarú gömbben egy gömböv felszíne arányos a gömböv vastagságával.

A továbbiakban szorítkozzunk a fényforrásból jobbra (a jobb oldali féltérbe) kiinduló fénysugarakra!

c) Hol és milyen jellegű képet alkotnak az optikai tengelyhez közel haladó fénysugarak? (*2 pont*)

d) A tárgytávolság megfelelő megválasztásával elérhető, hogy a kép az optikai tengelytől távolabb haladó sugarak esetén is ugyanazon a helyen keletkezik.

Mekkora ez a tárgytávolság? (*3 pont*)

Mekkora ekkor a (gömb középpontjától mért) képtávolság? (*1 pont*)

A zárványról szóródó fény energiájának mekkora hányada vesz részt ezen (a geometriai optikai keretei között tökéletesnek mondható) leképezésben?

(*1 pont*)

1. mérési feladat.

A mérés célja: a volfrám fajlagos ellenállása hőfoktényezőjének mérése.

A mérés menete: A rendelkezésedre álló feszültségforrás és változtatható ellenállás (potméter) segítségével vedd fel a mérési összeállításban szereplő izzólámpa feszültség-áram karakterisztikáját, vagyis mérd meg, hogy különböző izzófeszültségek esetén mekkora áram folyik át az izzólámpán. Az izzólámpa hidegellenállását ellenállásmérővel határozd meg.

Eszközök:

- multiméter feszültség- és ellenállásméréshez
  (FIGYELEM! Az ellenállásmérőt csak feszültségmentes áramkörhöz szabad csatlakoztatni!)
- kézi alapműszer az árамméréshez
  (FIGYELEM! Ismeretlen áram mérését mindig 10 A-es méréshatáron kezdjed!)
- izzólámpa
- potméter műanyag dobozban
- gyengeáramú feszültségforrás
- röpzsinórok
- mm-papír.

Mérési feladatok:

a) Mérd meg az izzólámpa feszültség-áram karakterisztikáját.
Rajzold fel a méréshez használt kapcsolást és foglald táblázatba a mért adatokat. (*3 pont*)

b) Határozd meg az izzószál volfrám anyaga fajlagos ellenállásának hőfoktényezőjét. (*8 pont*)

c) Határozd meg az izzószál effektív kisugárzási felületének nagyságát. (*4 pont*)

Segítség: Az izzószál a felvett elektromos teljesítményt hővezetés és hősugárzás formájában adja le. Alacsony hőmérsékleteken csak a hővezetési energialeadás számottevő, ilyenkor a hősugárzás elhanyagolható. Magasabb hőmérsékleteken mind a hővezetés, mind a hősugárzás lényeges járulékot ad. Ez a tény lehetővé teszi a hővezetési és a hősugárzási energialeadás szétválasztását.

A volfrámszál elektromos ellenállása széles tartományban a hőmérséklet lineáris függvényeként írható le. Ha az elektromos ellenállást a hőmérséklet függvényében ábrázoljuk, akkor egyenes adódik, melynek meredeksége a feladatban kérdéses hőfoktényező.

A volfrámszál hősugárzását a Stefan–Boltzmann-törvény segítségével írhatjuk le:

$$H = \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \sigma \cdot \varepsilon \cdot A \cdot T^4,$$

ahol H jelenti a kisugárzott hőáramot, vagyis a volfrámszál Δt idő alatt ΔQ hőt sugároz ki. A kisugárzott hőáram az abszolút hőmérséklet negyedik hatványával arányos, az arányossági tényezőben az A effektív sugárzási felület, az $\varepsilon = 0{,}9$ kisugárzási tényező (szürkeségi faktor) és a $\sigma = 5{,}67 \cdot 10^{-8}\ \mathrm{W \cdot m^{-2} \cdot K^{-4}}$ Stefan–Boltzmann-állandó szerepel.

2. mérési feladat.

A mérés célja: szappanbuborék leeresztési idejének vizsgálata.

A mérés menete: A rendelkezésedre álló oldatból fújjál szappanbuborékot a mellékelt szívószál virágsziromszerűen kiképzett végére. Mérd meg, hogyan függ a szappanbuborék leeresztési ideje a buborék kezdeti sugarától.

Eszközök: Két szívószál, mosószeres oldat, stopper, mm-papír, kartonpapírból készült segédeszköz a buborék méretének meghatározásához, vonalzó, olló (közös használatban).

Mérési feladatok: a) Mérd meg, és ábrázold grafikusan, hogyan függ a szappanbuborék leeresztési ideje a buborék kezdeti sugarától különböző szívószálhosszak esetén. (*6 pont*)

b) Határozd meg, hogy a leeresztési idő a kezdeti sugár milyen hatványfüggvényeként adódik különböző szívószálhosszak esetén. (*5 pont*)

c) Milyen elméleti-matematikai modellel írhatók le a kísérletileg adódó hatványkitevők? (*4 pont*)

3. mérési feladat.[1]

Ebben a mérésben egy feketedobozt fogsz vizsgálni. A feketedoboznak három (**A**, **B**, **C**) kimenete van. A dobozban egy kondenzátor, egy ellenállás és egy ohmos ellenállással is rendelkező tekercs van valamilyen kapcsolásban. A feketedoboz burkolatát természetesen nem szabad bántani, az esetleges réseken se szabad bekukucskálni.

A méréshez rendelkezésedre áll egy hangfrekvenciás jelgenerátor, két digitális multiméter (ezeket váltakozó áramú feszültség-, ill. árammérőnek használhatod), valamint vezetékek.

A hanggenerátoron csak a frekvencia és az amplitúdó értékét változtasd, a többi gombhoz ne nyúljál! A frekvencia nagyságrendjét a kis gombok megnyomásával (nyilak), pontos értékét a tekerő gombbal lehet beállítani.

A mérési kapcsolás összeállításánál vedd figyelembe, hogy a multiméter feszültségmérőként közel ideális műszer (10 MΩ-os ellenállással), ampermérőként viszont messze nem ilyen ideális, méréshatártól függően 10 Ω–1 kΩ ellenállása van.

Mérési feladatok:

1. Mérd meg és ábrázold a feketedoboz Z_{AB}, Z_{AC} és Z_{BC} impedanciáját a frekvencia függvényében a 20 Hz–20 kHz frekvenciatartományban!

A feketedobozra soha ne kapcsolj 2 V*-nál nagyobb feszültséget!*

A válaszlap megfelelő helyére rajzold fel a méréshez használt kapcsolást!

2. Mérési eredményeid alapján állapítsd meg és a válaszlap megfelelő helyére rajzold le, hogy a három megadott áramköri elem milyen kapcsolásban van a dobozban! A rajzon tüntesd fel a bemenetek **A**, **B** és **C** jelét is!

3. Mérési eredményeid alapján állapítsd meg a kondenzátor C kapacitását, az ellenállás R ellenállását, a tekercs L induktivitását és R_L ohmos ellenállását! Eredményeidet írd be a válaszlap megfelelő helyére!

[1] Ez a feladat a verseny II. fordulójában szerepelt.